



I Congreso Internacional Red Europea
de Museos de Arte Islámico

1st International Conference of the European
Network of Museums of Islamic Art

1^{er} Congrès International du Réseau Européen
des Musées d'Art Islamique

ACTAS

En estas actas se presentan las investigaciones realizadas en el marco del proyecto *Red Europea de Museos de Arte Islámico (REMAI)*, cofinanciado con el apoyo de la Comisión Europea inserto en el Programa Cultura (2007-2013), de la Agencia Ejecutiva en el Ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural (EACEA).

Este proyecto liderado por el Patronato de la Alhambra y Generalife (España-Granada) en colaboración con el Victoria and Albert Museum (Reino Unido-Londres), y el Musée du Louvre (Francia-París), ha asentado las bases para la conformación de una red europea de museos de arte islámico donde toda la comunidad científica internacional pueda participar en la investigación, preservación y difusión de todo este rico patrimonio cultural permitiendo el disfrute de este legado a la sociedad en general.

Dentro de este proyecto, se celebró el I Congreso *Red Europea de Museos de Arte Islámico*, en el salón de actos del palacio de Carlos V de la Alhambra de Granada durante los días 25 al 27 de abril de 2012.

La organización y dirección científica de este congreso recayó en el Patronato de la Alhambra y Generalife, Musée du Louvre y Victoria and Albert Museum, siendo coordinado por la primera institución referida.

DIRECCIÓN

Patronato de la Alhambra y Generalife
Musée du Louvre
Victoria and Albert Museum

COORDINACIÓN TÉCNICA

Patronato de la Alhambra y Generalife
Servicio de Investigación y Difusión

COMITÉ CIENTÍFICO

- Jesús Bermúdez
- Víctor Borges
- Juan Calatrava
- Claire Delery
- Sophie Makariou
- Pura Marinetto
- Eva Moreno
- Javier Piñar
- Mariam Roser-Owen
- Ramón Rubio
- Carlos Sánchez
- Paula Sánchez

Caracterización mineralógica del yeso tradicional de Albarracín

DAVID SANZ-ARAUZ, SOL LÓPEZ DE ANDRÉS
Y LUIS DE VILLANUEVA DOMÍNGUEZ

Resumen: El yeso tradicional de Albarracín se fabrica en hornos de bóveda en cociones continuas de 36 horas. Se alcanzan temperaturas cercanas a los 1000 °C en algunas zonas del horno. El producto resultante es fundamentalmente anhidrita, con fases hidráulicas y cal. La hidratación completa de estas fases se dilata en el tiempo permitiendo el empleo de este material en ambientes exteriores. Durante este fraguado de larga duración se produce la transformación completa de la anhidrita a yeso mediante distintos mecanismos de crecimiento cristalino.

Palabras clave: Yeso tradicional, morteros históricos, anhidrita; fases hidráulicas

Introducción

En la arquitectura popular del centro de la Península Ibérica encontramos muchos ejemplos de fachadas revestidas con yeso de cocción tradicional que se encuentran en distintos estados de conservación.

En la mitad oriental de la península Ibérica existe una gran abundancia suelos yesíferos, por lo que tradicionalmente se empleaba el yeso como material de construcción, incluso para recovo de fachadas al exterior. Pero en la actualidad, las propiedades de la gran mayoría de los yesos comerciales son más adecuadas para su uso al interior.

En un brevísimos repaso a la Historia de la Construcción podemos comprobar que el uso del yeso está presente en las culturas más antiguas de los siglos VI y VII a.C. en Oriente Próximo. Y más cercano en el tiempo y el espacio, encontramos un gran auge de su empleo en la cultura nazarí y en el mudéjar aragonés. (Gárate, 1993)

Se conoce el uso del yeso en revestimientos interiores y suelos en la época romana y en los poblados ibéricos en la zona de Aragón. Su uso se generalizó con los árabes como material estructural y de recubrimiento. Desde la época medieval se empleaba el yeso en pasta o en mortero con arena o con morteros bastardos de yeso y cal, en ocasiones también con arena (Pérez Sánchez y Sanz Zaragoza, 1993).

En el ámbito de la restauración, se ha tenido —desafortunadamente— ocasión de comprobar los resultados de intervenciones realizadas con cementos coloreados, que en muchas ocasiones han tenido un tiempo de vigencia muy inferior a los morteros tradiciones de revestimiento que pretendían sustituir.

Los productos de yeso que se fabricaban en los hornos tradicionales eran capaces de trabajar en exterior, con muy buenos resultados, como se puede observar en fachadas, suelos y muros de distintas épocas; podían mezclarse con cal y con sustancias orgánicas para su empleo en exteriores o bien podían haber sido cocidos a muy alta temperatura, obteniéndose anhidritas con propiedades hidráulicas semejantes a las de la cal.

Con la industrialización en la fabricación de los productos se llegó a un mayor control sobre las materias primas y sobre la temperatura de cocción. Esto provocó la aparición de productos más homogéneos en cuanto a su composición y propiedades, pero supuso la pérdida de posibilidades de uso al exterior de los nuevos productos de yeso industrializados. Se ha mantenido en Alemania la tradición de yesos hidráulicos para pavimentos, y en algunas zonas del territorio británico yesos de alta dureza superficial.

Es relativamente habitual que en restauración de elementos escultóricos en yeso se empleen yesos alfa, (como en los casos de yaserías en Sigüenza, Guadalajara y Alcalá de Henares). Pero se hace necesario el conocimiento de formulaciones basadas en productos de comercialización regular que no supongan

un alto coste económico en su obtención y puesta en obra, para que pueda ser viable su aplicación en la restauración de construcciones tradicionales que no estén vinculadas necesariamente al patrimonio monumental e institucional.

El yeso de Albarracín

El yeso se ha empleado tradicionalmente en la construcción de muy diversas maneras en las fábricas históricas: como mortero de junta o de revestimiento, en forjados, bóvedas (jarreadas, encamonadas y tabicadas), particiones interiores, escaleras y en revestimientos interiores. También ha tenido un importante uso ornamental (escultura, yeserías, estucos, mocárabes...).

La fabricación tradicional se realizaba en hornos de bóveda en los que se alcanzaban temperaturas elevadas, de modo que se obtenían productos multifásicos muy ricos en anhidrita de alta temperatura.

En la actualidad el único horno que produce yeso tradicional en España para el empleo de modo satisfactorio y habitual como material de revestimiento exterior está en Albarracín (Teruel). Este yeso se fabrica en hornos con bloques de piedra de yeso de unos treinta centímetros de diámetro, con dos tipos de aljez procedente de las canteras de yacimientos triásicos cercanas, uno de color rojo y otro de color gris, ambos con gran cantidad de impurezas de sílice y arcilla.

Métodología experimental

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE FASES

A partir de muestras procedentes de Albarracín (Teruel) se ha realizado la caracterización de fases del yeso tradicional en todas las etapas de su ciclo tectónico:

- Materias primas: Piedra de yeso rojo (PYR) y piedra de yeso gris (PYG)
- Productos cocidos: Yeso rojo cocido (YRC) y yeso blanco cocido (YBC)
- Productos hidratados: Yeso rojo fraguado (YRF) y yeso blanco fraguado (YBF)

Para la caracterización se han empleado las técnicas instrumentales de Difracción de



Figura 1. Horno de yeso tradicional en Albarracín (Teruel). Piedras rojas y grises.

Rayos X (DRX), Microscopía Óptica de Polarización (MOP) y Microscopía Electrónica de Barrido con Microanálisis (MEB-EDAX).

En la actualidad el único horno que produce yeso tradicional en España para el empleo de modo satisfactorio y habitual como material de revestimiento exterior está en Albarracín (Teruel). Este yeso se fabrica en hornos con bloques de piedra de yeso de unos treinta centímetros de diámetro, con dos tipos de aljez procedente de las canteras de yacimientos triásicos cercanas, uno de color rojo y otro de color gris, ambos con gran cantidad de impurezas de sílice y arcilla.

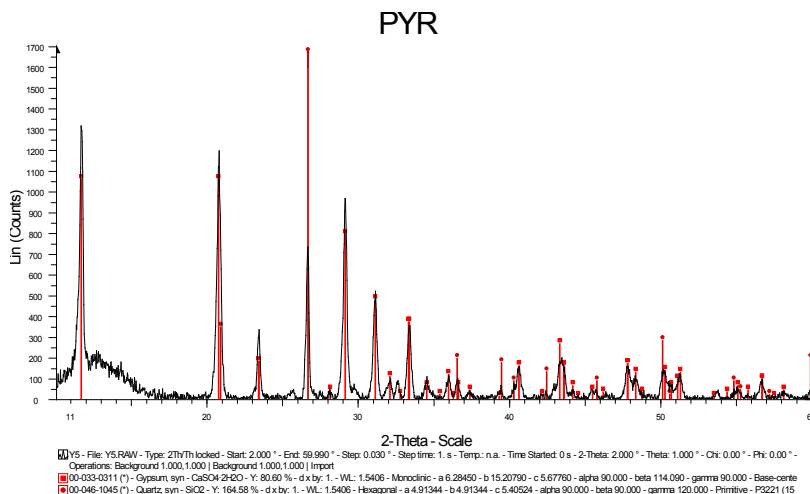
Resultados y discusión

CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS:

Las piedras de yeso rojo y gris van acompañadas por un alto porcentaje de impurezas (en torno al 15%), estas impurezas son de dos tipos: sílice cristalina (cuarzo ideomorfo: jacintos de compostela) y amorfa; y arcillas (interestratificados complejos tipo illita-esmectita) con un alto contenido en magnesio y en hierro.

El yeso como mineral mayoritario de las piedras tiene en muchas ocasiones (especialmente en la piedra de yeso rojo) un contenido alto de estroncio en sustitución del calcio, este intercambio va unido a la incorporación de hierro procedente de las impurezas arcillosas. Esta circunstancia le otorga su color rojo característico.

La presencia de sílice, hierro y magnesio pueden provocar un descenso de los puntos de transformación de fase en el sistema sulfato-cálcico-agua-arcilla-sílice del horno tradicional, favoreciendo la formación de anhidrita activa (de alta temperatura).



CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS COCIDOS:

Al cocerse los materiales en un horno tradicional, cada piedra, según donde esté situada, se ve afectada por una mayor o menor temperatura, y por lo tanto unas piedras se calcinan más que otras.

En el caso del yeso de Albarracín, el umbral inferior, según los análisis realizados, lo marca en general la anhidrita II (350°C) puesto que la cantidad de semihidrato hallada en las muestras de yeso cocido es muy pequeña. El umbral superior se puede situar en el entorno de los 900°C, puesto que se han encontrado concentraciones especialmente elevadas de calcio en ausencia de azufre en algunas zonas de las muestras analizadas, lo que indica la descomposición térmica del sulfato de calcio. Estos umbrales pueden verse rebajados por el efecto fundente de las impurezas y de algunos iones, en especial el hierro y el magnesio.

También se han encontrado evidencias de la afectación y por lo tanto activación térmica de las arcillas, transformándolas parcialmente en fases hidráulicas.

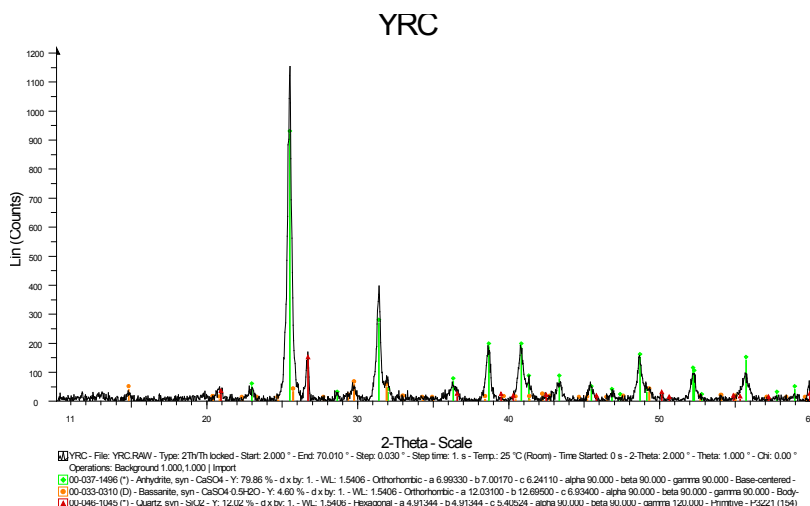


Figura 3. Análisis por DRX del yeso rojo cocido.

CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS HIDRATADOS

Los yeso de Albarracín dan lugar a productos multifásicos de alta complejidad. Su componente mayoritario en estado cocido, la anhidrita II, se transforma por hidratación en yeso. Este proceso tiene lugar de forma parcial, sobre todo en los cristales de mayor tamaño que tiene más dificultad para ser disueltos por el agua de amasado y es probable que se hidraten lentamente siguiendo un mecanismo topotáctico, según la teoría del fraguado coloidal.

Las impurezas activas dan lugar a fases hidratadas ricas en magnesio de baja cristalinidad, con gran similitud morfológica con el gel CSH propio de los cementos actuales.

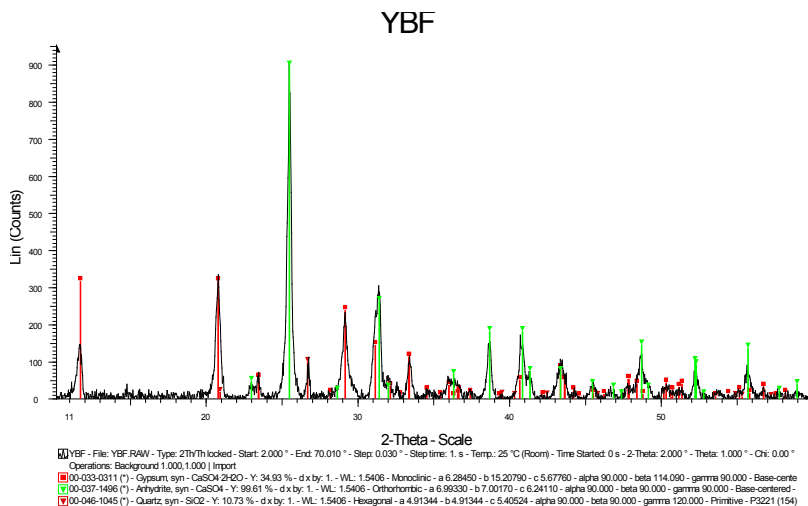


Figura 4. Análisis por DRX del yeso blanco fraguado.

Conclusiones

El buen comportamiento del yeso de fabricación artesanal al exterior se debe a la naturaleza de sus fases minerales y al sistema de hidratación de estas.

El yeso de Albarracín está compuesto por anhidrita e impurezas activas e inertes producto de la naturaleza de la fabricación tradicional y del sistema de hornos de bóveda.

La anhidrita conjuntamente con las fases activas fragua lenta y paulatinamente a lo largo del tiempo mejorando el comportamiento global de material en los primeros años de exposición al exterior.

Bibliografía

- ABENZA RUIZ, B. (2009) «Aplicación del yeso en exteriores: Análisis y dosificaciones en laboratorio y estudio de campo en la ciudad de Cuenca». *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Valencia, 21-24 octubre de 2009. CUENCA, Excmo. Ayto. (2007-a). Plan especial de ordenación, mejora y protección del casco antiguo de Cuenca y sus hoces.
- MOROPOULOU, A., BAKOLAS, A. Y BISBIKOU, K. (1998) «Investigation of the technology of historic mortars». *Journal of Cultural Heritage*, 1 (2000) págs. 45-48.
- PÉREZ SÁNCHEZ, A. Y SANZ ZARAGOZA, J. M. (1993) «La tradición del uso del yeso en exteriores». En GALLEGO ROCA, F. J., (ed.) (1996) *Revestimiento y Color en la arquitectura, conservación y restauración*. Granada.
- SANZ-ARAUZ, D (2009) Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas. Tesis Doctoral UPM.

- SANZ-ARAUZ, D (2009) «Analysis of Gypsum Mortar Used as Exterior Rendering by Geological Techniques». *Building Materials and Building Technology to Preserve the Built Heritage*. 1st WTA-International PhD Symposium, October 8-9, Leuven, Belgium, WTA-Schriftenreihe, Heft 33, VII-XIV, 2009.
- SANZ-ARAUZ, D. y VILLANUEVA DOMÍNGUEZ, L. (2009) «Evolución de los morteros históricos de yeso en la España central». *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Valencia, 21-24 octubre de 2009.
- VILLANUEVA DOMINGUEZ, L.; ABENZA RUIZ, B.; SANZ-ARAUZ, D. (2010) «Gypsum mortar behaviour applied on façades in Spain». *Actas de 8th International Masonry Conference*. Dresden, 4-7 julio de 2010.